

## HVORFOR CAD/CAM PÅ PC?

av

adm.dir. Ketil Bø  
Productivity Support A/S  
P.O.Boks 2865  
N-7001 Trondheim

### 1 INNLEDNING

CAD/CAM er nå akseptert som en av nøklene til høyere produktivitet og øket konkurranseevne i industrien.

En rekke bedrifter kan vise til produktivitetsøkning av betydelig størrelse ved overgang til CAD/CAM. Gjennomsnittlig ligger denne økningen i størrelsesorden 3:1 (1).

Utenom selve rasjonaliseringseffekten, finner vi dessuten en rekke mindre kvantifiserbare fordeler, slik som:

- \* Bedre produkt
- \* Redusert utviklingstid
- \* Større kapasitet
- \* Bedre konkurranseevne

- fr -  
- \*

Hittil har kostnadene i forbindelse med anskaffelse av CAD/CAM systemer vært så store at bare de ressurssterke bedriftene har kunnet satse. Dette er ikke tilfelle lenger. Vi ser stadig nye alternativ som dukker opp på markedet, slik at nå kan de fleste bedrifter finne CAD/CAM systemer som passer både til bedriftens produktspekter og finansielle muligheter (2).

Likevel er en rekke bedrifter i en beslutningskrise fordi de mangler en klar forståelse for hva CAD/CAM kan bidra med for egen bedrift, og de har problemer med å påvise inntjeningssevne for en større satsing på CAD/CAM. Da kan det være smart å starte smått.

Behovs- og investeringsanalyser viser at i mange tilfeller kan relativt små investeringer gi store resultater. Det betyr at ved å starte smått kan en vinne erfaring til en billig penge samtidig som en kan løse en rekke problemer i bedriften. Dessuten senkes risikoen ved at en har mulighet til å avskrive hele systemet dersom det viser seg å være en feilsatsing.

### 2 KLASSIFISERING AV CAD/CAM SYSTEMER

Bedrifter som skal orientere seg på CAD/CAM markedet møter en rekke ulike alternativer. Utenom mulighetene for å bruke CAD/CAM sentre eller utvikle egne skreddersydde systemer, kan vi grovt klassifisere tilbudene i markedet med følgende figur:

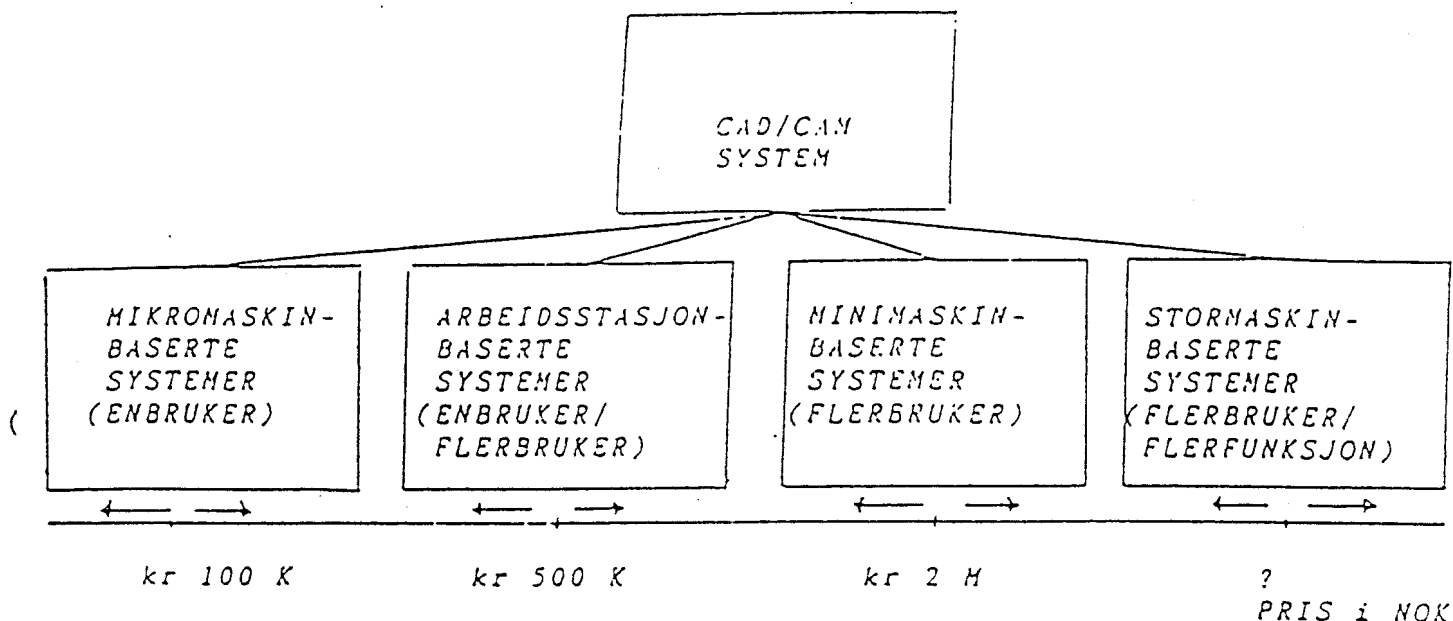


Fig. 2.1. Klassifisering av CAD/CAM systemer basert på type.

De stormaskinbaserte systemene, som f.eks. CADAM, CATIA, ICEM etc. anskaffes som regel fordi bedriften allerede har en stormaskin av typen IBM, CDC etc. for andre gjøremål. Selve programvaren koster i størrelsesorden kr. 500 000 - 1 Mil. I tillegg kommer arbeidsstasjoner som koster fra kr. 150 000 og oppover, slik at de totale kostnader likevel blir relativt høye.

De minimaskinbaserte systemene kjører på maskiner av type VAX og NORD (CV, CDM 300, INTERGRAPH, TECHNOVISION, etc) med ganske mye hukommelse og lagerplass, slik at kostnadene på slike systemer ligger i prisområdet kr 1 - 2 Mil. utenom arbeidsstasjonene. Systemene er som regel generelle og kan løse en rekke oppgaver i produktframtakingsprosessen. Nye typer arbeidsstasjoner har gjort menneske/maskin kommunikasjonen for disse systemene ganske bra i løpet av de siste årene. De minimaskinbaserte systemene er også blitt mer komplette når det gjelder den geometriske produktmodell.

Investeringskostnadene for minimaskinbaserte systemer indikerer imidlertid en profil på de bedrifter som anskaffer slike systemer. For at en bedrift skal ha nok aktivitet til å gi en akseptabel forrentning på en slik investering, bør den ha en omsetning på minst kr 200 - 500 M/år. På den andre siden er disse systemene som regel meget slagkraftige og har en betydelig grad av integrasjon.

Prisberegninger viser en kostnad på ca 400 kr/time ved normal utnyttelse av systemene.

Prisen pr arbeidsplass på minimaskinbaserte systemer kan imidlertid senkes betraktelig ved å knytte til rimelige mikromaskinbaserte systemer som kan utføre spesialiserte funksjoner slik som skjemategning, drafting etc samtidig som de

kan kommunisere med hovedsystemet.

De arbeidsstasjonbaserte systemene av type APOLLO, CADLINC, SUN, ICAN, HP etc er som regel basert på maskiner av type MC 68 000, HP 9000 etc, som kan kjøre både alene, knyttet sammen i nettverk og knyttet til større systemer som rene arbeidsstasjoner.

Mens de fleste systemene av denne typen tilbyr spesialiserte funksjoner som drafting, skjemategning og NC programmering, finner vi også systemer som tilbyr integrerte løsninger (CIM).

Prisberegninger viser at prisen pr time på slike arbeidsstasjoner ligger på ca kr 200.

Mikromaskinene (PC) begynner nå å bli så slagkraftige at en med stort utbytte kan bruke disse for CAD/CAM anvendelser. Det betyr en ytterligere kostnadsreduksjon for bedriftene.

Fra å være hovedsaklig øvings- og opplæringsssystemer, ser vi nå at profesjonelle PC-baserte systemer tar en stadig større andel av markedet, slik som systemer fra Productivity Support og Autodesk. Prisen pr. time på disse PC-baserte systemene ligger i området kr 50. Det betyr at endelig kan små og mellomstore bedrifter også ta CAD/CAM teknologien i bruk, noe som gjør at CAD/CAM markedet er i ferd med å bli radikalt utvidet.

Summit Strategies (3) antar at dette lavkost CAD/CAM markedet vil vokse til ca 50 % av det totale CAD/CAM marked innen 1990. Det betyr at lavprismarkedet vil vokse nesten dobbelt så raskt som det totale CAD/CAM marked.

Selv om de profesjonelle mikrobaserte systemene løser en rekke spesialiserte funksjoner, slik som drafting, skjemategning, NC-programmering etc meget kostnadseffektivt, har de selvsagt noen svakheter i forhold til de mer kostbare systemene, selv om noen av disse problemene kan kompenseres:

- systemene er laget for å løse avgrensede oppgaver, men de kan også løse integrerte oppgaver ved at de enkelte fasene i produktfremtaksprosessen kjøres sekvensielt
- de er enbrukersystemer, men kan knyttes sammen i nett
- de er begrenset når det gjelder lagringskapasitet, men kan knyttes sammen med andre systemer som har tilstrekkelig lagringskapasitet.
- de er begrenset når det gjelder regnehastighet.

Dette er svakheter som vil avta etterhvert som mikromaskinene blir mer slagkraftige.

## 2.1 Trender i CAD/CAM markedet

Det har de siste årene vært en sterk teknologisk utvikling på utstyr, arbeidsplasser og programvare. Eksempler på dette er nettverksorienterte mikromaskiner (PC) som gir meget stor slagkraft i forhold til pris.

I de nærmeste årene vil en se en markant tendens mot integrering. Dette gjelder spesielt CAD og CAM, men også systemer for planlegging, material-oppfølging, kvalitetskontroll osv. Dette betegnes ofte som Computer Aided Engineering (CAE) eller Computer Integrated Manufacturing (CIM). Lengst er dette kommet innen elektronikk og avansert mekanisk industri (bil, skip, fly). Verkstedindustrien for øvrig vil være det neste store området. Dette setter nye krav til standardisering, grensesnitt og kommunikasjon mellom ulike typer systemer og utstyr.

En ser også en tendens mot rimelige systemer for løsning av spesielle oppgaver som f.eks. tegningsproduksjon og NC-programmering. En kombinasjon av disse to trendene finner vi i de såkalte "åpne" systemer som ofte er basert på standardiserte moduler og rammeverk. Man kan starte med rimelige standardiserte systemer og bygge dem ut etter behov, evt. knytte dem opp mot andre systemer for å oppnå en integrert informasjonsbehandling.

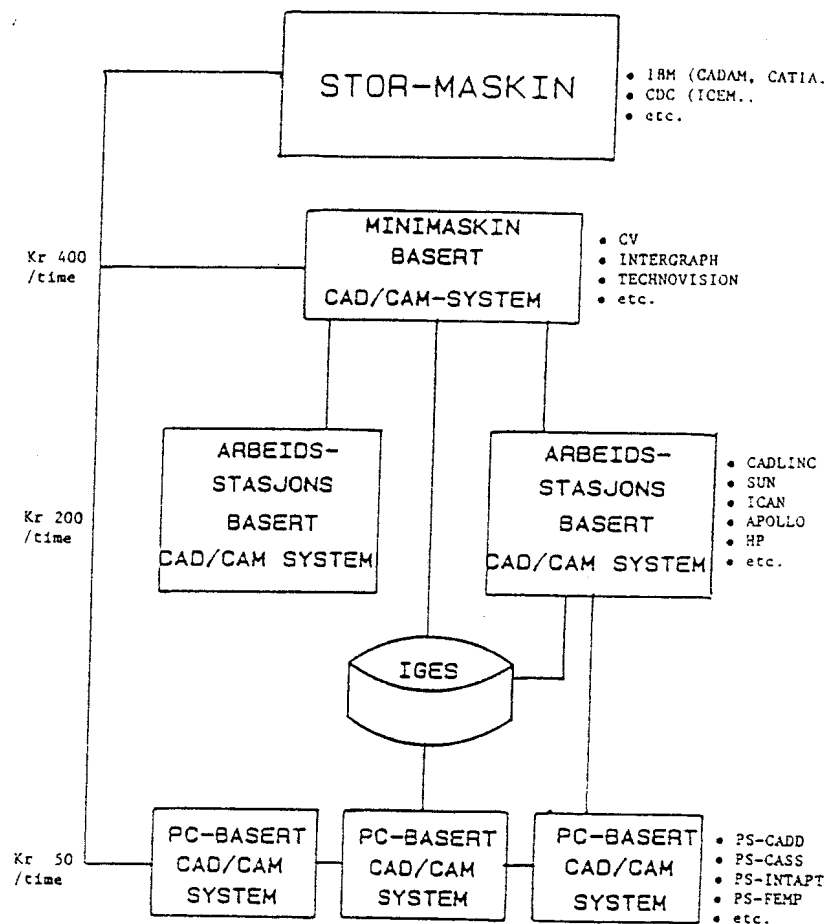


Fig. 2.2. Mulig CAD/CAM systemhierarki.

### 3 DET INTERNASJONALE CAD/CAM MARKED

På leverandørsiden har CAD markedet vært dominert av amerikanske systemer, men et økende antall europeiske og japanske leverandører begynner nå å komme for fullt.

På CAM-siden er situasjonen mer variert. Japanske leverandører er sterke når det gjelder styringer og roboter, men det finnes også flere europeiske leverandører som konkurrerer internasjonalt.

Grovt sett er fordelingen av CAD/CAM systemer i verden som følger:

USA 67%  
Vest-Europa 20%  
Japan 11%  
Resten av verden 2%

Mens det totale CAD/CAM marked i 1984 var på ca 19 mrd kr, utgjorde Europas andel ca 3.5 mrd kr, noe som tilsvarende ca 20% av det totale marked. Selv om dette er en relativt liten andel, sett med internasjonale øyne, er det likevel et enormt marked.

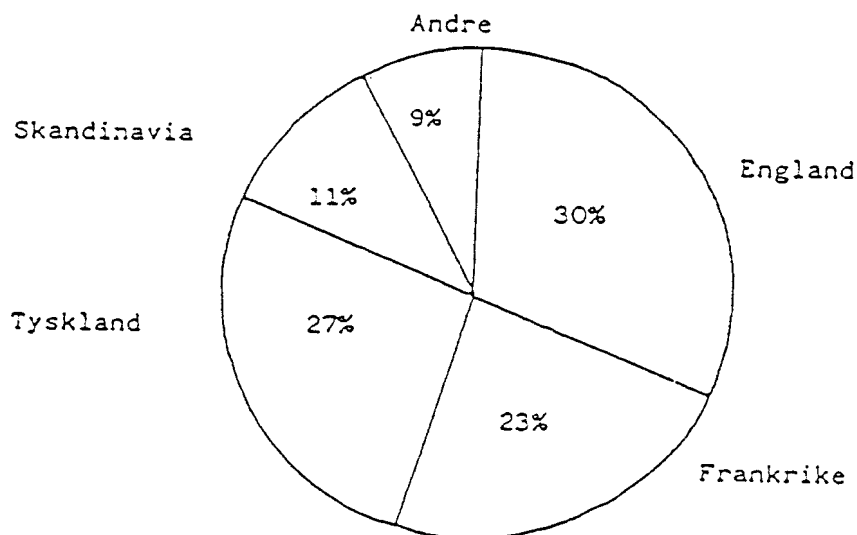


Fig. 3.1. Det europeiske CAD/CAM marked.  
(Kilde: Merrill Lynch)

I 1985 vokste salget på CAD/CAM systemer totalt med ca 35%, mens salget av de billige systemene vokste med over 50%. Dette henger sammen med at CAD/CAM begynner å penetrere de små og mellomstore bedrifter, og at også store bedrifter velger å bruke billige systemer både i startfasen og som supplement til mer kostbare systemer.

Det er en tydelig trend i markedet til at salget av billige systemer (<kr 500 000) fortsetter å vokse raskere enn salget av kostbare systemer, se fig. 3.2.

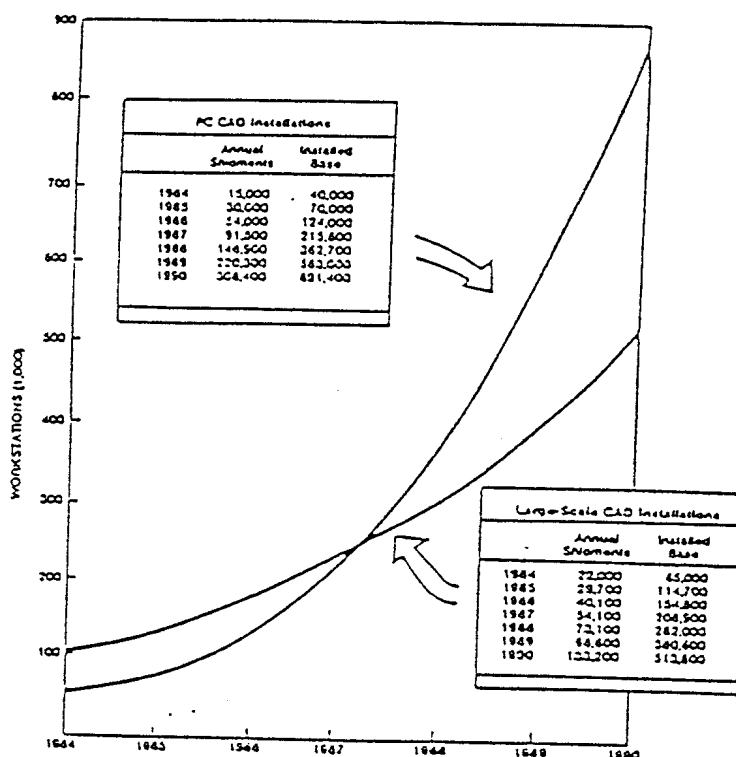


Fig. 3.2. Forventet totalt antall CAD/CAM installasjoner 1984-1990. (Kilde: Krouse Associates)

Når det gjelder fordeling på markedssegmenter er mekanisk industri dominerende med ca halvparten av CAD/CAM-markedet, fulgt av elektronikk, bygg og anlegg og kartproduksjon.

Ser vi på type bedrifter som anskaffer PC-baserte CAD/CAM systemer, finner vi to topper: den ene omfatter bedrifter med 10 - 50 ansatte, mens den andre toppen består av de store bedrifter (mer enn 500 ansatte). Det skyldes hovedsakelig at de fleste mindre bedrifter klarer seg med PC-baserte systemer, men de

store bedriftene bruker dem både frittstående og i nett for å løse spesielle oppgaver knyttet sammen med større systemer (se fig. 2.2) og for opplæring.

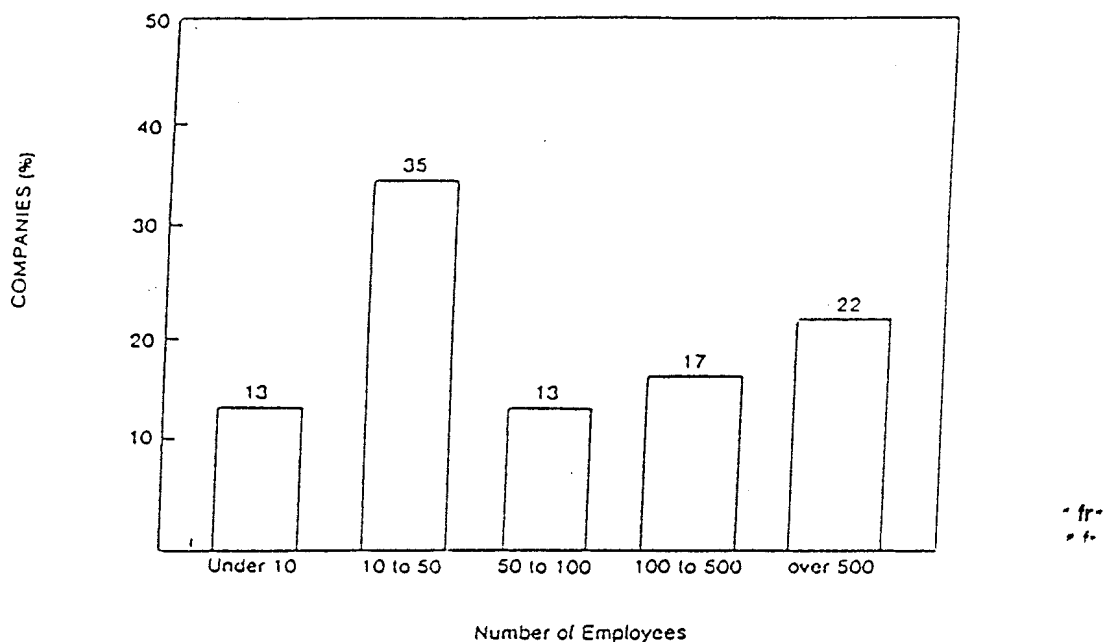


Fig. 3.3 SIZE OF COMPANIES USING PC CAD

En annen effekt av de profesjonelle PC-baserte CAD/CAM systemene på markedet, er at over 70% av beslutningene om kjøp av system blir tatt på mindre enn 30 dager, mens for større systemer bruker bedriftene ofte flere måneder på denne prosessen (5).

#### 4 HVORFOR CAD/CAM PÅ PC

CAD/CAM på PC tilbyr en betydelig pris/ytelsesfordel framfor de mini- og stormaskinbaserte systemene. Dette betyr at CAD/CAM gjøres tilgjengelig for store brukergrupper som før ikke hadde anledning til å ta i bruk denne teknologien. De større systemene er raskere og har mer lagringskapasitet, men hver ny generasjon av PC lukker gapet ytterligere.

Idag er det alminnelig akseptert at de PC baserte CAD/CAM systemene tilbyr 70 - 80% av funksjonaliteten til de store systemene til ca 10% av prisen (6).

De økonomiske fordelene ved bruk av CAD/CAM kan deles i to

hovedgrupper:

A. Direkte økonomiske fordeler:

- kostnadsreduksjon
- økt produktivitet

B. Indirekte økonomiske fordeler:

- økt produktkvalitet
- kortere produktutviklingstid
- bedre konkurranseevne
- etc.

En enkel algoritme for å beregne kostnadsreduksjonen ved bruk av CAD/CAM systemer kan uttrykkes som følger:

$$CR = K + (H1-H2) RM - (RC + RM) H3, \quad \text{hvor}$$

- CR = Kostnadsreduksjon  
K = Antatte indirekte fordeler (dersom en ønsker å ta disse med, ellers settes K = 0) "fr"  
H1 = Antall arbeidstimer før innføring av CAD " "  
H2 = Antall arbeidstimer som ikke påvirkes av CAD  
H3 = Antall arbeidstimer CAD arbeidsplassen er i bruk  
RM = Gjennomsnittlig timelønn for brukerne av systemet  
RC = Kostnad pr time på arbeidsstasjonen (avhengig av systempris, nedbetalingstid, bruksfrekvens, etc)

Som eksempel skal vi vise kostnadsreduksjonen pr år for et PC-basert CAD system i en liten bedrift.

Vi finner parametrene i algoritmen, som selvsagt er ganske grove estimater:

- K: Da vi her arbeider med direkte økonomiske gevinster, settes K = 0
- H1: Anta at bedriften har en konstruktør/tegner som arbeider full tid, dette gir H1 ~ 2000 t/år
- H2: Anta at 55% av tiden påvirkes av systemet, altså settes H2 ~ 900 t/år (data fra en undersøkelse IBM har foretatt i Danmark)
- H3: Anta en produktivitetsgevinst på 3:1 på systemet (Data fra bl.a. KV (1))
- RM: Anta en timelønn på kr 200,-.
- RC: Anta prisen på det PC baserte CAD systemet er kr 100 000,-. ønsket nedbetalingstid: 3 år og brukerfrekvens: 1100 t/år (vi antar her at bedriften

skaffer nok arbeid til at konstruktøren/tegneren kan utnytte systemet 55% av sin tid.)  
Dersom vi antar at de faste utgiftene utgjør ca kr 20 000,-/år, gir dette en kostnad RC ~ 50,- kr/t som systemet er i bruk.

Vi har her ikke tatt med de omkringliggende kostnader i forbindelse med opplæring, utvikling, organisasjonstilpasning, tilrettelegging, etc, etc.

Med disse forutsetninger gir et PC basert CAD system en kostnadsreduksjon på:

$$CR = 0 + (2000 - 900)200 - (50 + 200)400 = 120\ 000,-$$

Det betyr en kostnadsreduksjon på kr 120 000,- pr år uten at vi har tatt med den mulige ekstrainntekt som ligger i den tiden som frigjøres ved at jobbene utføres raskere.

I tillegg til at PC-baserte systemer har et høyt pris/ytelsesforhold som frittstående system eller i nettverk, vil de også bidra sterkt til å senke prisen pr arbeidsplass for større systemer hvor PC-baserte systemer utgjør en del av totalsystemet (se fig. 2.2).

Utenom den økonomiske gevinsten med PC-baserte systemer får brukeren den fordel at systemene befinner seg på hans vanlige arbeidsplass, slik at han slipper å samle sammen sine papirer, håndbøker etc. og flytte til en sentral arbeidsstasjon hvor han dessuten må konkurrere med andre om å slippe til.

Erfaringene en har fra CAD/CAM opplæring viser at grunnopplæringseffekten på et PC basert system er nesten like stor som på et stort system. Det betyr at en kan drive undervisning og opplæring til en brøkdell av hva det koster dersom en må beslaglegge kostbare CAD/CAM arbeidsplasser for denne type aktiviteter.

## 5 NOEN MYTER OM CAD/CAM PÅ PC

En av betenkelighetene med å anskaffe PC-baserte systemer har vært at de ofte utgjør "isolerte øyer" som løser en bestemt oppgave (f.eks. tegningsfremstilling), men at de ikke kan bygges ut videre eller kommunisere med omverdenen. For de fleste PC baserte tegnesystemer er dette et problem. En finner imidlertid også systemer, fra f.eks. Productivity Support, hvor åpenhet og kommunikasjonsmuligheter både internt og eksternt har vært et av designkriteriene. Dessuten tilbys et produktspekter som dekker bedriftens totale behov for CAD/CAM på PC. Et tilsvarende argument en møter, er at tegninger etc. som bygges opp på de PC baserte systemene, ikke kan overføres til andre systemer når bedriften enten oppgraderer systemene eller anskaffer nytt. Det er klart at om dette er tilfelle, vil det

være et ressursløseri som er uakseptabelt for bedriftene.

Det er derfor viktig at en kontrollerer at de PC baserte systemene har kommunikasjonsmuligheter som IGES eller tilsvarende standard overføringsmekanismer mot andre systemer (se fig. 2.2 og kap 6).

Kommunikasjon mot andre funksjoner i bedriften, som f.eks. MPS og andre mer administrative funksjoner, er mulig fra noen PC baserte systemer ved at det er utviklet koplinger mot slagkraftige 4. generasjonsverktøy med relasjonsdatabaser.

Problemene med begrenset lagringskapasitet er løsbart ved at det nå tilbys store, rimelige harddisker (40 Mb og mer) for PC, eller ved å bruke større datamaskiner som f.eks. IBM System 36 som "arkivmaskin" som flere PC'er kan knyttes opp mot. Standardskjermene kan også byttes ut med store skjermer, gjerne i farger, ved å bruke spesielle grafikkort (f.eks. EGA) dersom det er ønskelig.

Diskusjonen omkring generelle og spesielle CAD/CAM systemer har vært ført med stor intensitet helt siden midten av 1970-årene da de generelle monolitiske, nøkkelferdige systemene dominerte markedet. Utviklingen har imidlertid vist at tendensen går mot stadig mer spesialiserte systemer. Brukererfaringene viser at dette er nødvendig for å gjøre systemene slagkraftige, samtidig som at de er enkle å lære og lette å bruke.

Når dette er erfaringene med store systemer, må det gjelde i enda større grad for PC baserte systemer. Likevel ser vi tendenser til at enkelte leverandører av PC baserte systemer ikke har lært av erfaringene fra de store, generelle systemene som nå møter problemer i markedet.

## 6 INTEGRASJON

Integrasjon er et moteord innen CAD/CAM og blir ofte brukt nokså ukritisk.

Selv om den vanlige tolking av begrepet integrasjon gjelder kopling mellom CAD og CAM (vertikal integrering), så finnes det dessuten integrasjon mellom ulike systemer, andre funksjoner i bedriften etc (horisontal integrering). Selve integrasjonsprosessen foregår ofte på ulike nivåer og med ulik effektivitetsgrad, det er vesentlig i denne forbindelse at informasjon fra konstruksjons- og tegnesystemet kan overføres til produksjonssystemet uten "manuell" omkoding.

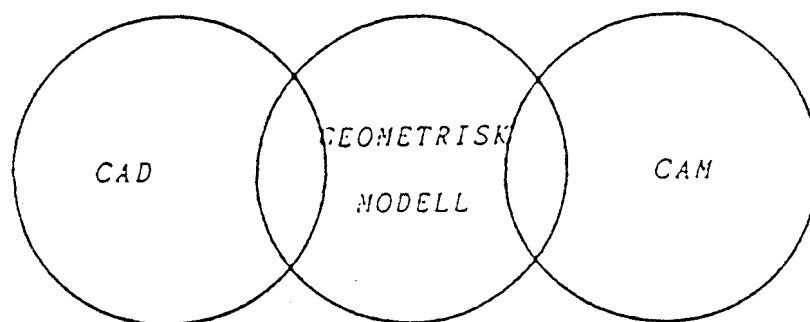


Fig 6.1. Integrasjon mellom CAD og CAM.

Kopling mellom ulike typer CAD/CAM systemer er en annen form for integrasjon. Etterhvert som flere CAD/CAM-systemer er blitt tatt i bruk, har det oppstått et behov for å overføre produktinformasjon fra ett system til et annet. Dels har dette behov oppstått internt i store bedrifter, dels har det oppstått mellom bedrifter, f.eks. mellom hovedentreprenør og underleverandør i forbindelse med oljeutvinning til havs.

Det har forekommet forsøk på å løse dette problemet ved å presse alle involverte parter til å anskaffe samme utstyrsversjon fra samme leverandør. En slik politikk er ugunstig både teknisk og forretningmessig. Den er også ugunstig rent teknisk fordi den hemmer anskaffelse av det til enhver tid beste utstyr og den begrenser fordelene med at forskjellige systemer passer best til forskjellige anvendelser.

For å overføre denne form for informasjon bør systemene derfor ha et IGES eller lignende overføringsprogram.

IGES er en forkortelse som står for Initial Graphics Exchange Specifications. IGES er nå ANSI standard og beskriver formatet på de CAD/CAM-data som skal kunne overføres fra ett anlegg til et annet.

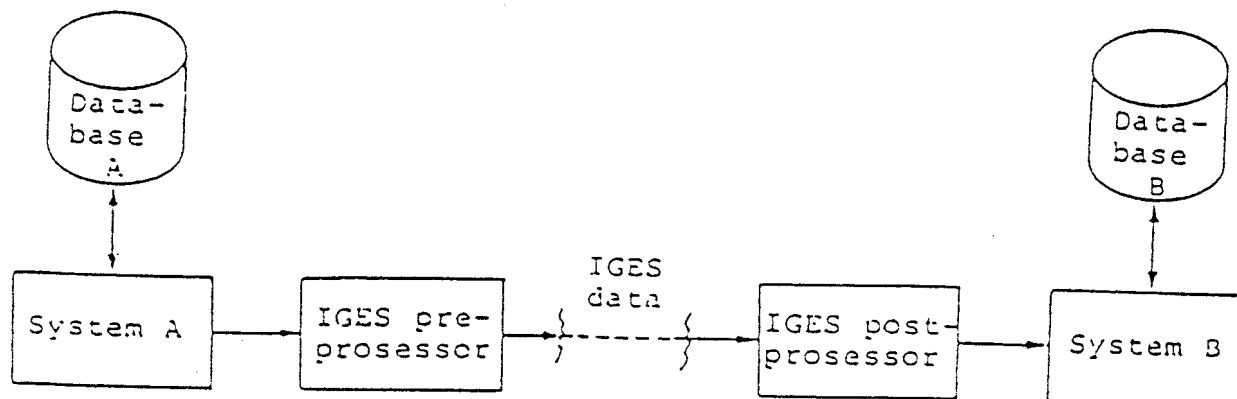


Fig. 6.2. IGES dataoverføring fra ett system til et annet.

Ideen bak IGES er at et system som skal avgi data må være forsynt med en generell preprocessor som overfører produktmodeller til IGES-format. Tilsvarende må et system som skal motta data være forsynt med en generell postprocessor som overfører IGES-formatet til systemets eget interne format.

IGES ble primært utviklet for data-kommunikasjon av mekaniske produktmodeller av linjeorientert type og fri form kurver og flater. Det største behovet har til nå vært overføring av tegninger fra ett system til et annet. IGES utvikles videre bl.a. for elektriske skjemaer.

Hvis en leverandør av et CAD/CAM-system oppgir at IGES pre- og post-processor inngår i systemet, er dette ikke en entydig spesifisering. Det finnes flere nivåer og detaljer i IGES som kan være inkludert eller ikke. Det er f.eks. stor forskjell på to- og tre-dimensjonalt IGES-format.

Mekanismer for overføring av informasjon til mer administrative funksjoner som f.eks. MPS er også en del av integrasjonsprosessen.

#### 7 EKSEMPEL PÅ INTEGRERT PC BASERT CAD/CAM SYSTEM

De PC baserte systemene fra Productivity Support er eksempler på CAD/CAM systemer som er konstruert slik at de kan kjøre frittstående samtidig med at de er integrert både vertikalt og horisontalt.

De enkelte systemer kan kommunisere med hverandre, via standard nettverk eller knyttet til større maskiner med stor regne- og lagringskapasitet.

Videre kan de kommunisere med andre tekniske systemer via standardformatet IGES, eller de kan kommunisere mot mer administrative funksjoner i bedriften ved hjelp av 4. generasjonsverktøyet DATAFLEX. Dette gir en helhetsløsning med høy grad av fleksibilitet.

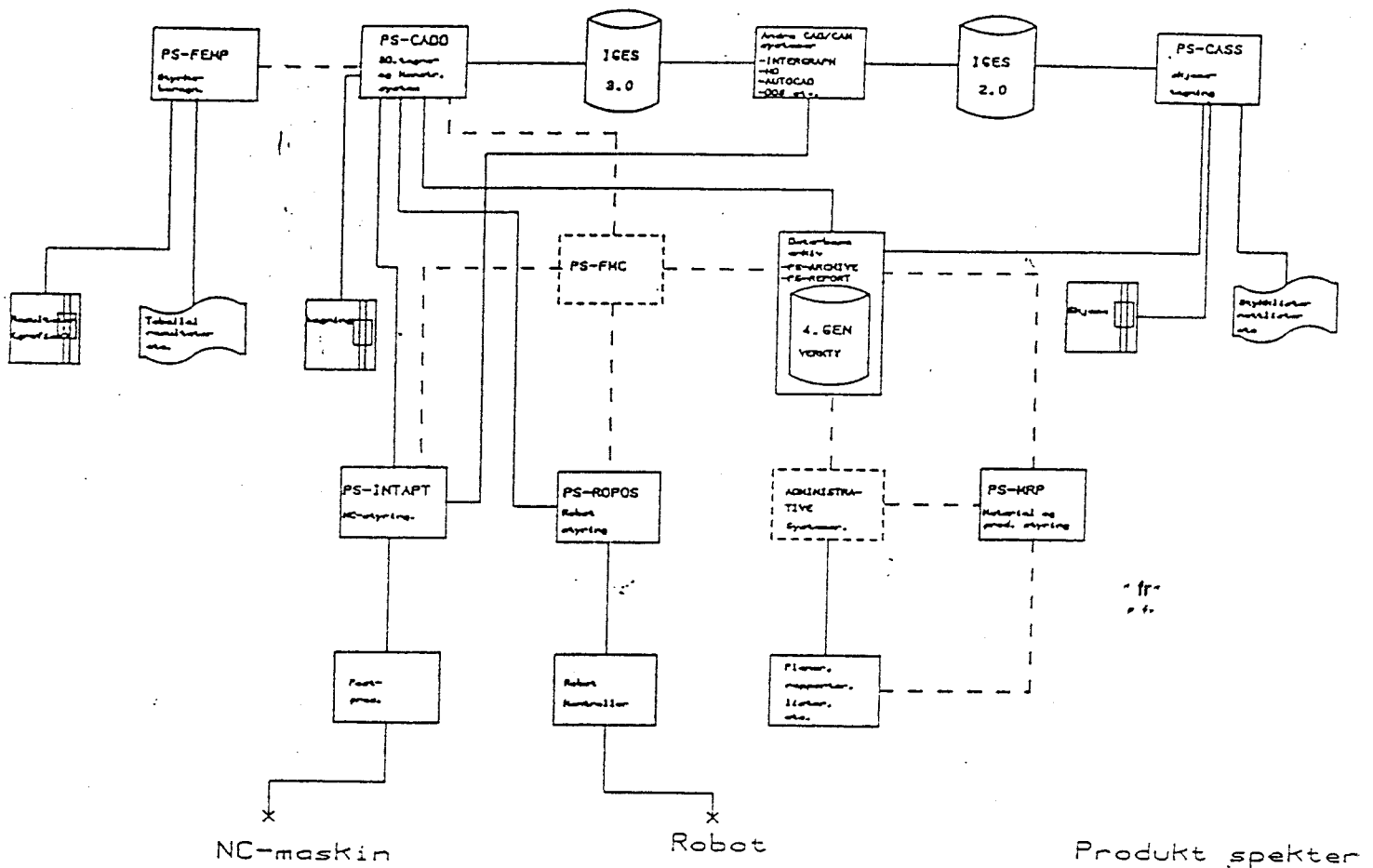


Fig. 7.1. Integreerte PC-baserte CAD/CAM systemer.

## 8 KONKLUSJON

CAD/CAM-markedet er meget dynamisk og en forventer at det vil fortsette sin sterke veksttakt fram mot århundreskiftet. På grunn av den stadig økende slagkraften på PC, forventer en at markedet for PC baserte CAD/CAM systemer vil vokse meget raskt.

Vi ser to hovedtrender i markedet, en mot mer integrerte systemer og en mot rimelige, spesialiserte systemer. I begge tilfeller er kommunikasjon et hovedpunkt (IGES etc).

Dette betyr at både de store bedrifter med behov i flere kategorier og de små og mellomstore bedrifter samt undervisningsinstitusjoner som trenger rimelige løsninger, er i ferd med å få sine ønsker oppfylt med en akseptabel investering.

9 LITTERATUR

- (1) Urheim, P.: "DAK/DAP - er det samsvar mellom krav til tilbud?"  
Foredrag på seminaret DAK/DAP - Ny teknikk - Muligheter og  
brukererfaringer. Stavanger 1982
- (2) Bø, K.: "Det internasjonale CAD/CAM marked". Foredrag på  
DAK/DAP '84
- (3) Summit Strategies : "The profitable Distribution of Low-Cost  
CAD/CAM Hardware, Software and Systems", 1986
- (4) Merrill Lynch: "CAD/CAM Review and Outlook"
- (5) Krouse Associates: "Doing CAD on a Personal Computer.  
A Market Study" 1985
- (6) Hart Glenn: "CAD, the big picture for Microes"  
PC magazine Volume 5 number 5, March 11 1986

fr  
"

